Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Professor Dr.med.dent. Hans Lenz) des Instituts für
Klinisch- theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

ELEKTRONENOPTISCHE UNTERSUCHUNGEN AN WURZELKANALGEFÜLLTEN ZÄHNEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
STEFAN STELTER
aus Berlin

1975

Druck: H. Franzen, Berlin 391 23 25

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Professor Dr.med.dent. Hans Lenz) des Instituts für
Klinisch- theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

ELEKTRONENOPTISCHE UNTERSUCHUNGEN AN WURZELKANALGEFÜLLTEN ZÄHNEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
STEFAN STELTER
aus Berlin

Referent: Professor Dr. med. dent. Hans Lenz

Korreferent: Prof. Dr. Graf Diedrich von Keyserlingk

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 7. Mai 1975

M E I N E N E L T E R N

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547206_0009

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

A. EINLEITUNG 7

B. LITERATURÜBERSICHT 9

C. MATERIAL UND METHODE 15

I. Material 15

II. Methode 15

1. Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung 15
2. Das Dünnschnittverfahren 17
3. Das Ultradünnschnittverfahren 17
4. Die Nachkontrastierung 18

D. ERGEBNISSE 20

1. Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials . . . 21
2. Das Hartgewebe der Kanalwände 23
3. Das zurückgelassene Weichgewebe 25
4. Abbildungen 27

E. DISKUSSION 45

F. ZUSAMMENFASSUNG 50

G. LITERATURVERZEICHNIS 52

A. E I N L E I T U N G

Zu den Therapien am menschlichen Organismus, die seit ihrer Einführung bis auf den heutigen Tag so oft und hartnäckig diskutiert, befürwortet und abgelehnt wurden, gehört mit Sicherheit die der Wurzelkanalbehandlung. Ja man konnte sogar beobachten, daß die Befürworter teilweise zur Euphorie übergingen, während sich die Ablehnenden schon fast dem therapeutischen Nihilismus verschrieben.

An Meinungen, Behauptungen, Unterstellungen und gegenseitigen Beschuldigungen des unwissenschaftlichen Arbeitens hat es jedenfalls nicht gefehlt. Wissenschaftlich geplante und durchgeführte Versuchsreihen sowie Untersuchungen mit fundierten, folgerichtigen Ergebnissen sind dagegen seltener.

Die Gründe für diesen Extremismus waren verschiedene. Eine der großen Schwierigkeiten bei der Beurteilung des Problems der Wurzelkanalfüllung dürfte in der wohl außergewöhnlichen Anatomie und Physiologie der Zähne, bzw. ihrer Kanäle und Pulpen zu suchen sein. Die Unmöglichkeit, einen Zahn mit gangränös zerfallener Pulpa vollständig vom Detritus zu befreien, veranlaßte viele Autoren, ein sehr düsteres und trostloses Bild vom therapeutischen Nutzen einer Wurzelkanalbehandlung zu malen. Herdgeschehen war das große Schreckenswort, man sprach von septischer Zahnheilkunde wie auch von Zahnunheilkunde.

Andere versuchten durch Vorweisen eigener klinischer Erfolgsquoten der Theorie der Fokalinfektion zu widersprechen.

Das Wissen über die Wurzelkanalbehandlung basiert auf klinischen, statistischen, mikrobiologischen und lichtmikroskopischen Befunden. Die Möglichkeit, welche das Elektronenmikroskop mit seinem hohen Auflösungsvermögen bietet, ist jedoch bisher kaum genutzt worden.

Deshalb sollen meine elektronenoptischen Untersuchungen ein Mosaiksteinchen darstellen, das zur Vollendung des Gesamtbildes zum Thema der Wurzelkanalbehandlung beitragen soll, bzw. notwendig ist; denn der Moment der Synthese ist erst gekommen, wenn die Analyse beendet ist.

B. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Über Erfolg und Nichterfolg, Sinn und Unsinn einer Wurzelkanalfüllung gehen die Meinungen in der Literatur sehr weit auseinander. Das mag einerseits an tatsächlich unterschiedlichen Untersuchungsergebnissen und Behandlungstechniken liegen, andererseits diskutiert man regelrecht aneinander vorbei, da man in grundverschiedenen Kategorien denkt und zu argumentieren versucht.

So sieht W. MEYER (1962) rein theoretisch die Unzulässigkeit einer Wurzelbehandlung aus chirurgisch- bakteriologischer Sicht, während E. HARNDT (1962) ihm seine klinischen Erfolge bei der Behandlung von Zähnen mit gangränös zerfallener Pulpa, also aus empirischer Sicht, entgegenhält.

Die Verfechter der dentogenen Herdinfektion gehen einerseits davon aus, daß nicht abbaubares Material, wie eine Reihe von Wurzelfüllmaterialien, eine Fehlleistung der Wundheilung hervorruft: "Da wohl in den meisten Fällen die Aufbereitung des Wurzelkanals nicht am Apex endet, sondern auch Gewebe des Periodontalraumes und nicht selten auch der Alveolarknochen zerstört wird, ergibt sich der Anlaß zu einer Wundheilung mit ihren zeitlich geordneten Phasen. Durch die Überfüllung des Wurzelkanals wird das Fremdmaterial in das zerstörte Gewebe eingebracht, das in der Folge die Wundheilung fehlleitet. Nicht abgebautes Material bleibt liegen."

(G.KELLNER,1969)

Andererseits soll die vom wurzelkanalgefüllten Zahn herrührende bakterielle und toxische Streuung eine große Gefahr für den menschlichen Organismus darstellen.

Grundsätzlich jedoch gehen die Gegner der Wurzelfüllung wie HEISS (1941), KRANZ (1942) und W. MEYER (1962) davon aus, daß das Wurzeldentin der Zähne, deren Pulpa gangränös zerfallen ist, tief von Bakterien infiziert ist.

W. MEYER (1962) meint, der sogenannten Wurzelbehandlung könne kein tatsächlicher Erfolg beschieden sein; denn die anatomischen, histologischen und bakteriologischen Verhältnisse ließen dies nicht zu. KANTOROWICZ (1924) gibt in diesem Sinne den Desinfektionsversuchen bei der Wurzelbehandlung recht unmißverständlich folgenden Stellenwert: "Was landläufig in der konservierenden Zahnheilkunde als Asepsis ausgegeben wird, ist nur der Beweis für die bakteriologische Ahnungslosigkeit ihrer Verkünder."

Anklagend wurde von "septischer Zahnheilkunde" (VEIL) gesprochen, von "unverständlicher Inkonsequenz" (PÖHLER), vom "gesetzlichen Verbot jeder Wurzelbehandlung" (FUDALLA), daß "die veralteten Konservierungsmethoden als ein nationales Unglück anzusehen" (SCHÜLLER) seien und "die Erhaltung pulpentoter Zähne grundsätzlich als Kunstfehler gelten" (NENNINGER) solle (Zitat v. E. HARNDT, 1966).

KRANZ (1942) lehnt sogar, im Sinne von HEISS (1941), entschieden jede Wurzelfüllung ab.

Im Gegensatz dazu, daß man in jedem zurückgelassenen Bakterium eine große Gefahr für den Gesamtorganismus sehen sollte, behauptet LÖRINCZY- LANDGRAF (1961), ein auf ein Minimum reduzierter Bakteriengehalt des Wurzelkanals werde von einem gesunden Organismus beherrscht. Mit ähnlichem Ergebnis stellt WANDELT (1962) fest, die Unterbindung des bakteriellen Nachschubs sei entscheidend für den Erfolg.

Diese These, die man als quantitatives Problem der Wurzelkanalfüllung bezeichnet, geht wohl auf PICHLER (1930) zurück. Schon er hat erkannt, daß der Behandlungserfolg vor allem von der Aufbereitung des Wurzelkanals und von der Wurzelkanalfüllung abhängig ist. Je kleiner der ungefüllte Raum bleibt, desto eher kann der abwehrfähige Organismus mit der Infektion fertig werden. Zahlreiche Autoren greifen gerade in jüngerer Zeit dieses "quantitative Problem" wieder auf. So auch TSCHAMER (1968), der die These aufstellt, durch die Unterbindung des kontinuierlichen Nachschubs an Mikroorganismen und Stoffwechselprodukten aus dem Hauptkanal werde das biologische Gleichgewicht zugunsten der Abwehrkräfte verschoben. Das nicht erfaßbare Hohlraumsystem, wie z.B. die Dentinkanälchen, soll - wie durch die Zementauflage an der Wurzeloberfläche gegen den Wurzelhautraum - durch das Füllmaterial gegen den Hauptkanal abgeschlossen werden. Somit sei es möglich, bei größter Sorgfalt ein potentielles Reservoir für schädigende Noxen auszuschalten und der Wurzelhaut reparatorische Maßnahmen zu ermöglichen.

Ebenso versucht E. HARNDT (1966) dem Problem der Wurzelbehandlung mit empirischen Erkenntnissen und quantitativen Überlegungen folgendermaßen zu begegnen: "Wenn man sich die topographischen Verhältnisse eines Zahnes mit gangränös zerfallener Pulpa vergegenwärtigt, so scheint die Herdlehre zunächst keineswegs abwegig. Jedoch das überaus häufige Vorkommen pulpatoter Zähne im Munde unserer Patienten und die relative Seltenheit, mit der bei einer allgemeinen Erkrankung die Möglichkeit eines ursächlichen Zusammenhanges vermutet werden kann, läßt die odontogene Fokalinfektion allein unter statistischen Erwägungen bestenfalls zu einer sehr seltenen Ausnahme werden."

W. KETTERL (1972) schließlich nennt das Kind beim Namen und spricht vom Kompromiß, um gar nicht erst in den schon fast fanatisch geführten Glaubensstreit zwischen Praktikern und Theoretikern zu geraten. Er veröffentlicht, die klinische Erfahrung habe ergeben, daß Kompromisse bei der Endodontie nicht zu umgehen seien, um Beschwerdefreiheit und Funktionstüchtigkeit des Zahnes und damit des Gebisses zu gewährleisten. Zu begreifen sei die Notwendigkeit zu Kompromissen erst durch die Sonderstellung, die der Zahn im Organismus einnimmt: "Seine Wurzel ist mittels Sharpeyscher Fasern in den Knochen eingespannt, mit seiner Krone ragt er in das septische Milieu der Mundhöhle." Ketterl fordert jedoch, diesen Kompromiß wissenschaftlich zu begründen und damit zu objektivieren, um den eingegangenen Kompromiß nicht zur Resignation werden zu lassen: er meint, ein wissenschaftlich

einwandfrei erfaßbares Kriterium stelle das histologische Ergebnis der Behandlung dar, wie es zur Beurteilung des therapeutischen Erfolges in den letzten 30 Jahren (1972) mit Recht in den Vordergrund gestellt worden sei. Die Wurzelbehandlung werde damit unter analogen Bedingungen wie jede andere Therapie im Organismus beurteilt.

Seine histologischen Untersuchungen stellen folgendes fest: "Wird die Pulpa im Bereich des gesunden Gewebes abgetrennt - die ideale Schnittwunde ist mit unseren bisherigen Möglichkeiten nicht zu erreichen -, dann kann unter bestimmten Voraussetzungen ein reaktionsloses Anlagern der Wurzelhaut um die Wurzelfüllung erreicht werden. Sind Nekrose oder Gangrän der Pulpa eingetreten, dann konnte bisher ein entzündungsfreies Anlagern des Desmodonts an eine Wurzelfüllung nicht nachgewiesen werden, es resultiert im günstigsten Fall eine Narbe, die schwielige Verdickung. Sie wird von Euler als tragbarer Zustand bezeichnet." (W. KETTERL, 1972)

Das Ergebnis Ketterls Bemühungen um eine Klärung zu dieser endodontischen Therapie läßt sich am besten in folgender These erkennen: "Die Basis für sogenannte Wurzelbehandlungen bildet die Tatsache, daß bei geeigneter Therapie ein pulpentoter Zahn vom Organismus toleriert wird und auch funktionstüchtig bleibt." (W. KETTERL, 1972)

Da das Hauptproblem im Streit um die Wurzelkanalbehandlung offensichtlich ein bakteriologisches ist, sei noch ein Wort

TSCHAMERs (1968) zitiert, der über die Desinfektion des Wurzelkanals, bzw. die eigene Körperabwehr auf zurückgelassene Erreger folgendes sagt: "In Bezug auf die Desinfektion und Sterilisation müssen wir unsere Grenzen erkennen. Es ist nicht unsere Aufgabe, die natürliche Abwehrfunktion des Körpers zu ersetzen. Das Wesen der ärztlichen Kunst ist es, die günstigsten Voraussetzungen zu schaffen und wenn es uns möglich ist, diese zu unterstützen. Wenn wir der Sterilisation unserer Instrumente und der Asepsis bei unseren Behandlungsmaßnahmen die gleiche Aufmerksamkeit widmen wie den fruchtlosen Versuchen der Gewebesterilisation, die nur mit einer Schädigung des geweblichen Abwehrsystems einhergehen kann, haben wir für den Behandlungserfolg schon eine wesentliche Voraussetzung geschaffen."

C. M A T E R I A L U N D M E T H O D E

I. Material

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, mittels elektronenmikroskopischer Untersuchungen allgemeine, jedoch keine allgemein- gültigen Aussagen über den histologischen Zustand wurzelkanalgefüllter Zähne zu machen. Die Indikationen zur Wurzelbehandlung reichten von Pulpitiden bis zur Gangrän mit periapikalen Veränderungen. Als Wurzelfüllmaterial kamen ausschließlich Chloropercha- Paste mit Guttapercha- Stift zur Anwendung. Die Extraktionsgründe waren verschiedene, bestanden jedoch in keinem Falle in einer versuchten und mißlungenen Wurzelbehandlung. Die Auswahl enthielt nur mehrwurzelige bleibende Zähne. Die Altersspanne der Patienten reichte vom 12. bis zum 37. Lebensjahr.

II. Methode

1. Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung

Kurz nach Extraktion wurden die Wurzeln bis zur Bi-, bzw. Trifurkation mit einer am Technikermotor betriebenen Trennscheibe in ca. 1-2 mm dicke Scheiben geschnitten. Es folgte die Fixierung der Präparate in 5% igem, auf pH 7,2- 7,4 phosphatgepuffertem Glutaraldehyd, die im Kühlschrank bei 6 Grad C mindestens 6 Stunden andauern muß. Nachfixierung und Einbettung der Präparate schlossen sich wie folgt an:

a) mit physiologischer NaCl- Lösung auswaschen (ca. 5 Min.)
b) für mindestens 18 Stunden in ein Phosphatpuffergemisch von pH 7,2 - 7,4 geben
c) mit veronalazetatgepufferter, isotonischer OsO_4 - Lösung von pH 7,2 - 7,4 über 2 Stunden fixieren
d) und wiederum mit physiologischer NaCl- Lösung abspülen.

nun folgte der Vorgang des Entwässerns:

e) in 50% igem Alkohol (5 Minuten)
in 75% igem Alkohol (5 Minuten)
in 95% igem Alkohol (5 Minuten)
in absolutem Alkohol (2 mal 10 Minuten)
in absolutem Alkohol (30 Minuten)

Da sich der Alkohol nicht mit dem Mikropal mischt, wurden die Präparate

f) mit Styrol abgespült und noch
g) 3 mal 30 Minuten lang in Styrol gelegt, um den Vorgang des Einbettens einzuleiten.

Die Einbettung selbst wurde wie folgt fortgesetzt:

h) überführen in ein Mikropal-Styrol- Gemisch im Verhältnis von 1:1 für eine Stunde (+ Katalysator und Aktivator)
i) in Mikropal für 24 Stunden bei Zimmertemperatur geben (+ Katalysator und Aktivator).
j) Die Präparate wurden nun in Eiswürfelkästchen gelegt oder gestellt (Längs- oder Querschnitt), erneut mit Mikropal (+ Katalysator und Aktivator) übergossen und evakuiert.
k) Die Polymerisation erfolgte bei 60 Grad C im Trocken-

schrank über 12 - 36 Stunden.

2. Das Dünnschnittverfahren

Mit Hilfe einer Schneidmaschine der Firma Dr. Steeg & Reuter wurden die im Kunststoffblock liegenden Präparate in ca. 0,6 mm dicke Scheiben geschnitten, um eine möglichst große Fläche zu erhalten, auf der Dentinkanälchen und Seitenkanäle angeschnitten sein können und um die Zahl der Präparate zu erhöhen.

Diese Dünnschnitte wurden so zurechtgeschnitten, daß sie in Gelantinekapseln gestellt werden konnten, welche mit Mikropal (+ Katalysator und Aktivator) aufgefüllt und evakuiert wurden. Die Polymerisation erfolgte wie gehabt bei 60 Grad C 12 - 36 Stunden lang.

Nach Aufweichen und Entfernen der Gelantinekapseln wurden die Präparate an den gewünschten Stellen angespitzt. Dies geschah mittels einer eigens dafür entwickelten Maschine der Firma C. Reichert, Typ TM 60. Das pyramidenförmige Anspitzen konnte unter einem Binokular- Mikroskop beobachtet werden, sodaß die Präparate für das anschließende Ultradünnschnittverfahren einwandfrei vorbereitet waren.

3. Das Ultradünnschnittverfahren

An einem LKB - Ultrotome Type 4801 A wurden nun von dem angespitzten Präparat Schnitte von ca. 0,04mü Stärke angefer-

tigt, die am Diamantmesser in niedrigprozentigem Alkohol aufgefangen, mit Chloroformdämpfen gestreckt und mit formvarbefilmten Kupfernetzen aufgefischt wurden. Die anhaftenden Alkoholtropfen wurden mit Filterpapier abgesaugt, um die Netze zum Trocknen in eine LKB - Specimen Grid Box stellen zu können. Erst nach mehreren Stunden erfolgte die Untersuchung an einem Elmiskop 1 A der Firma Siemens bei einer Strahlspannung von 40 kV.

4. Die Nachkontrastierung

Nachkontrastiert wurde kollagenspezifisch mit Uranylazetat. Nervpräparate dagegen wurden noch zusätzlich zur besseren Glykogendarstellung einer weiteren Nachkontrastierung mit Bleizitrat unterzogen. Die Herstellung der Uranylazetatlösung erfolgte, indem einer beliebigen Menge 70% igen Alkohols unter 30 Minuten langem Schütteln Uranylazetat bis zur Sättigung zugeführt wurde (nach PEASE, 1964). Nach mehrtägiger Aufbewahrung im Kühlschrank bei 6 Grad C stand eine klare Lösung über einem Bodensatz. Mit einer Pipette entnommen, stand sie zur Nachkontrastierung zur Verfügung. Die Trägernetze wurden 30 Minuten lang mit der befilmten Seite nach unten auf die Lösung gelegt und danach mit 70% igem Alkohol und Aqua dest. abgespült. Nach Absaugen der verbleibenden Tropfen mit Filtrierpapier gelangten die Netze zum Trocknen in die Box.

Nervpräparate wurden nur 15 Minuten lang in der Uranylazetatlösung belassen, um sie weitere 5 Minuten mit einer Bleizi-

tratlösung im alkalischen Milieu zu behandeln (Reynolds,1963).

Da die Zahnhartsubstanzen durch eine Nachkontrastierung mit löslichen Schwermetallsalzen, wie z.B. Uranylazetat und Bleizitrat, zumindest teilweise entmineralisiert und somit für die elektronenmikroskopische Auswertung unbrauchbar gemacht werden, war es unbedingt notwendig, sämtliche Ultradünnschnitte, auch wenn sie noch so wenig Hartsubstanz enthielten, vor einer solchen Nachkontrastierung im Elektronenmikroskop zu betrachten. Dieses Verfahren beinhaltet den Nachteil, daß die hochempfindliche Netzbefilmung schon durch das erstmalige Mikroskopieren leicht geschädigt werden kann, was über eine weitere Schädigung durch das Nachkontrastieren hinaus beim zweiten Mikroskopieren unter Umständen zum Zerreißen des Films führt.

D. E R G E B N I S S E

Vorausschickend sei nochmals erwähnt, daß diese elektronenmikroskopischen Untersuchungen ein vollständiges Zustandsbild von wurzelkanalgefüllten Zähnen weder ergeben wollen noch können. Vielmehr sollen sie momentaufnahmen darstellen, die aufzeigen wollen, daß es so aussehen kann, aber nicht muß. Daß andere Stellen desselben Präparates unterschiedliche Bilder ergeben können, liegt in der Natur ultrastruktureller Untersuchungen, die nur jeweils einen minimalen Ausschnitt bieten. Die Zufälligkeit der Ergebnisse wurde jedoch weitestgehend durch sorgfältige Anfertigung von Serienschnitten ausgeschaltet (siehe Methode).

Eine wissenschaftlich ernstzunehmende, korrekt durchgeführte statistische Arbeit gleichen Themas hätte den Rahmen einer Dissertation sicher gesprengt.

In diesem Sinne möge die vorliegende Arbeit einen Beitrag darstellen, die Vielfältigkeit von Situationen aufzuzeigen, die im ultrastrukturellen Bereich bei wurzelkanalgefüllten Zähnen möglich sind!

Die Untersuchungsergebnisse können folgendermaßen eingeteilt werden:

1. Die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials

Wie in Abb. 1 deutlich zu erkennen ist, legt sich die Chloroperchapaste eng dem Dentin der Kanalwand an. Sie folgt Einbuchtungen der Kanalwand mit gleichbleibender Wandständigkeit. Im ebenen Schnittbild gibt sich die Wurzelfüllpaste als feinmaschiges, kontinuierliches Netzwerk zu erkennen. Dreidimensional betrachtet füllt sie, einem fein- porösen Schwamm gleich, das Kanallumen aus. Der Durchmesser der größten Lumina des "Schwammes" beträgt im Durchschnitt etwa 7 mü.

In welchem Maße die Chloroperchapaste "anzuliegen" im Stande ist, zeigt die Abb. 2 sehr eindrucksvoll: hier sind einige Teilchen sogar in das kanalnahe Lumen eines Dentinkanälchens eingedrungen. Augenscheinlich wird dadurch im Zentrum des Kanälchens eine Mineralisation induziert, die im fortgeschrittenen Stadium schon fast das gesamte Lumen ausfüllt. Dies ist in kanalentfernteren Anteilen des Dentins nicht zu beobachten (Abb. 3 und 4).

Daß bei nicht sorgfältiger Aufbereitung und Abfüllung des Wurzelkanals (solche Präparate gelangten ebenfalls zur Untersuchung) Räume frei bleiben können, die die normale Porosität des Wurzelfüllmaterials an Größe um ein mehrfaches übertreffen, ist offenbar. Nicht so eindeutig jedoch ist die Frage, wie weit zum Apex hinunter diese freien Räume eigentlich reichen; denn nur der unabgefüllte Hohlraum ist als gefährdend für das Gelingen einer Wurzelkanalbehandlung zu betrachten, der offen zum apikalen Gewebe hin endet. Außerdem kann

wohl nur der infizierte Hohlraum eine echte Gefahr für das periapikale Gewebe darstellen. Daß auch sehr lückenhaft abgefüllte Kanalanteile eines vorher gangränösen Zahnes nicht unbedingt "durch und durch verseucht" sein müssen, beweisen die Abb. 5 und 6: hier erkennt man einen unsorgfältig abgefüllten Wurzelkanal, welcher keinerlei Mikroorganismen beherbergt, sowie steriles Dentin.

Wie mit einem Schutzfilm überzogen erscheint in Abb. 7 eine unverkalkte Randzone. Trotz eines unvollständig abgefüllten Kanallumens lagern sich einzelne Partikel der Chloropercha-paste dem nichtmineralisierten Gewebe kettenförmig an. Die längsgeschnittenen Dentinkanäle enden in der mineralisierten zementähnlichen Hartsubstanz blind und sind leer. Der Befund einer hauchdünnen kettenförmigen Anlagerung bestätigt sich in Abb. 8, sodaß die Vermutung nicht fernliegt, die Chloroperchapaste besitze eine gewisse Afinität zu unverkalktem Gewebe, in diesem Fall zu kollagenen Fasern.

In welcher Art und Weise man den Sinn und die Qualität eines Wurzelfüllmaterials beurteilen sollte, geht deutlich aus der Abb. 9 hervor: Bakterienleiber werden vollständig von der Chloroperchapaste umschlossen und damit sicher fixiert. Selbst in dem Raum zwischen Dentin und Mikroorganismen, der nur ca. 4 mü beträgt, befinden sich Partikel der Paste, die den Weg in Richtung Dentin verlegen. Auch in Richtung Apex dürfte den 1,5 mü im Durchmesser messenden Mikrobien bei vollständig abgefülltem Kanal die Mobilität versagt bleiben, da sie in dem feinmaschigen Netz der Wurzelfüllpaste wie eingemauert erscheinen.

Die Abb. 10 zeigt im linken oberen Bildviertel mineralisiertes zementähnliches Hartgewebe, das dem kanalisierten Dentin direkt aufliegt und engen Kontakt zur Wurzelfüllpaste findet. Ähnlich sieht es in der Apikalregion des Wurzelkanals aus, wo das Wurzelfüllmaterial etwas grob-poröser der zementähnlichen Hartsubstanz anliegt (Abb. 11).

2. Das Hartgewebe der Kanalwände

Als eine durchaus physiologische Variante des Kanalwandaufbaues erweist sich die zementähnliche Hartgewebsform, die unmittelbar dem kanalisierten Dentin aufliegt (Abb. 12). Sie stellt somit keine spezifische Reaktion auf die entzündliche, bzw. gangränöse Pulpa dar, sondern kann als das "Dentin der Gebrauchsperiode" interpretiert werden. Diese gut mineralisierte Hartgewebsform scheint in der Lage zu sein, die Dentinkanälchen wirksam vor Mikrobien - Invasionen aus dem Wurzelkanalraum zu schützen.

Das Dentin in der Nähe der Kanalwand ist zumeist stark obliteriert. In der apikalen Region mehr als in oberen Bereichen. Sind die Dentinkanälchen gleichmäßig mit Hydroxylapatitkristallen ausgefüllt, so ergibt sich, durch Lichtbrechungen bedingt, die sogenannte "Transparenz des Dentins". Dieser aus der Lichtmikroskopie stammende Begriff kann aus elektronenoptischer Sicht weitaus präziser definiert und differenziert werden: es können zwei verschiedenartige Mineralisationstypen festgestellt werden und zwar eine aktive sowie eine passive

Form. Jene ist als die autonome Leistung des Odontoblastenfortsatzes anzusehen, als spontane Antwort auf einen unspezifischen Reiz. Der Odontoblastenfortsatz schwitzt gleichermaßen die peritubuläre Zone aus, um sich bei anhaltendem Reizeinfluß mineralisierender Weise ins Zentrum des Dentinkanälchens zurückzuziehen. In den Abb. 13 - 16 ist dieser Vorgang in aller Deutlichkeit zu beobachten.

Die passive Form, die auch als Fremdkörper - Mineralisation bezeichnet werden kann, sollte als Antwort der Thomes'- Faser auf eingedrungene Fremdmaterialien angesehen werden, wie es das Wurzelfüllmaterial im konkreten Falle darstellen kann (Abb. 2,3,4 und 10). Beide Obliterationsarten können selbstverständlich auch gemeinsam auftreten; denn entscheidend ist nur die Zeit, die dem Odontoblastenfortsatz zur Verfügung stand, die entsprechende Antwort auf die jeweilige Irritation zu geben.

Die Abb. 17 zeigt unverändertes, gesundes Dentin der oberen Wurzelregion in ca. 100 mü Entfernung vom Kanallumen eines Zahnes, der nach Vitalextirpation der Pulpa wurzelbehandelt wurde. Einen recht unterschiedlichen Zustand weist ein etwa 200 mü vom Wurzelkanal entfernter Dentinbezirk eines Zahnes auf, dessen Indikation zur Wurzelbehandlung in seiner gangränös zerfallenen Pulpa bestand (Abb. 18): es sind einige schon nahezu vollständig obliterierte Kanälchen zu erkennen, alle Dentinkanälchen jedoch werden von einer kräftigen peritubulären Zone umringt. Keines enthält Mikroorganismen oder Fremdsubstanzen.

Die selbständige Einengung der Dentinkanälchen durch Schaffung peritubulärer Zonen scheint einer möglichen Invasion von Bakterien vorauszueilen, um diesen so den Weg in Richtung Parodont zu verlegen.

3. Das zurückgelassene Weichgewebe

Einerseits dürfte die Furcht, durch zu großzügiges Aufbereiten des Wurzelkanals das periapikale Gewebe mit Bakterien zu verseuchen, eine Erklärung für das Verbleiben von apikalem Pulpengewebe bieten. Andererseits jedoch reißt die Pulpa im apikalen Bereich bei der Exstirpation ab, was auf das reichhaltige Vorhandensein derben, kollagenen Bindegewebes zurückzuführen ist. Diese regressive Veränderung einstmals mesenchymalen Bindegewebes geht aus den Abb. 19 und 22 hervor.

Daß ein ehemals gangränöser Wurzelkanal in seinem apikalen Anteil durchaus funktions- und lebenstüchtiges Gewebe beherbergen kann, zeigt die Abb. 20 anhand eines Fibroblasten, bei dem unter anderem die Struktur von vitalen Mitochondrien zu erkennen ist. Sogar die einwandfreien, unveränderten Membranen des endoplasmatischen Retikulums, sowie die unzerstörte Zellmembran eines Fibroblasten konnten bei entsprechender Vergrößerung sichtbar gemacht werden. Außerhalb der Zelle wiederum die typische Zeichnung kollagener Fibrillen(Abb.21).

Nicht nur Zellen, sondern auch Nerven zeugen von einer echten "Restvitalität" eines wurzelgefüllten Zahnes (Abb. 22).

Die Abb. 23 und 24 geben einen Einblick in gangränös zerfallenes Pulpengewebe unterhalb einer Wurzelfüllung, das im Begriff ist auszumineralisieren. Es bilden sich nadelartige Kristallisationskeime inmitten des Detritus.

A B B I L D U N G E N

Die angegebenen Vergrößerungen beziehen sich auf die Originalfotos. Aus dem jeweils eingezeichneten Längenmaßstab ergibt sich die Relation zum dargestellten Objekt.

Abb. 1: Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials. Die poröse Chloroperchapaste (Ch) legt sich den Unebenheiten des Dentins gleichmäßig an. Das kanalisierte Dentin (D) zeigt keinerlei Reaktion und weist keine Besonderheiten auf.
6 000 : 1

Abb. 2: Im kanalwandnächsten Dentinkanal, in den Teilchen des Wurzelfüllmaterials (W) eingedrungen sind, zeigen sich Mineralisationspunkte (MP). Auch hier liegt die Chloroperchapaste der Kanalwand in beschriebener Weise an.
8 000 : 1

Abb. 3: Fortgeschrittene passive Mineralisation (pM) von Dentinkanälchen in der unmittelbaren Nähe des Kanallumens und damit der Wurzelfüllpaste. Diese Mineralisierung durch Fremdkörper beginnt im Zentrum des Querschnitts eines Dentinkanälchens.
6 000 : 1

Abb. 4: Passive Mineralisation in fortgeschrittenem Stadium.
18 000 : 1

Abb. 5: Lückenhaft abgefüllter Wurzelkanal eines ehemals gangränösen Zahnes ohne Mikroorganismen. Das Dentin zeigt keine Besonderheiten.
6 000 : 1

Abb. 6: Unvollständig abgefüllte, bakterienfreie Räume unmittelbar an kanalisiertem Dentin. Der Wurzelkanal enthielt vor der Behandlung gangränösen Detritus.
6 000 : 1

Abb. 7: Unverkalkter Bereich in der Randzone der Apikalregion wird von Teilchen der Wurzelfüllpaste (Wf) kettenförmig eingeschlossen. Es schließt sich ein breiterer Streifen zementähnlicher Hartsubstanz (ZH) dem nichtkanalisierten Dentin (D) an.
12 000 : 1

Abb. 8: Prädentin mit kollagenen Fasern, eingeschlossen in kettenförmig angelagerten Partikeln des Wurzelfüllmaterials.
18 000 : 1

Abb. 9: In Wurzelfüllpaste eingeschlossene Mikroorganismen (MO).
6 000 : 1

Abb.10: Zwischen Dentin und Kanallumen liegender Streifen von zementähnlicher Hartsubstanz (zH) liegt dem Dentin direkt auf und findet engen Kontakt zum Wurzelfüllmaterial. Teilchen der Chloroperchapaste befinden sich als Fremdkörper (FK) in einem kanalnahen Dentinkanälchen.
6 000 : 1

Abb. 11: Wurzelfüllmasse liegt der zementähnlichen Hartsubstanz (zH) der Apikalregion grob-porös, schwammartig an.
4 000 : 1

Abb. 12: Physiologische zementähnliche Hartgewebsform lagert sich direkt auf dem kanalisierten Dentin ab und bildet somit einen Schutzwall gegen den Wurzelhohlraum.
6 000 : 1

Abb. 13: Aktive, nadelförmige Kristallisation eines Dentinkanälchens, von einer Seite ausgehend. Gleichmäßig ausgebildete peritubuläre Zone.
40 000 : 1

Abb. 14: Ausschnitt einer im Beginn stehenden Obliteration eines Dentinkanälchens. Es bestehen mehrere, bündelförmige Mineralisationskeime nebeneinander.
28 000 : 1

Abb. 15: Vollständig obliterierter Dentinkanal.
18 000 : 1

Abb. 16: Kanalnahe Dentinzone in der Obliterationsphase befindlich.
5 000 : 1

Abb. 17: Unverändertes, gesundes Dentin der oberen Wurzelregion in ca. 100 mü Entfernung vom Kanallumen. Das

Präparat stammt von einem Zahn, dessen Pulpa vital-exstirpiert worden ist.
6 000 : 1

Abb. 18: Ca. 200 mü vom Wurzelkanal entfernter Dentinbereich mit nur wenigen obliterierten Kanälchen. Alle Dentinkanälchen weisen eine peritubuläre Zone auf. Dieses Präparat wurde von einem Zahn gewonnen, dessen Indikation zur Wurzelbehandlung in einer gangränös zerfallenen Pulpa bestand.
8 000 : 1

Abb. 19: Quer- und längsgetroffene kollagene Fibrillen zwischen zwei Fibroblasten im Bereich der nicht exstirpierten apikalen Pulpa.
8 000 : 1

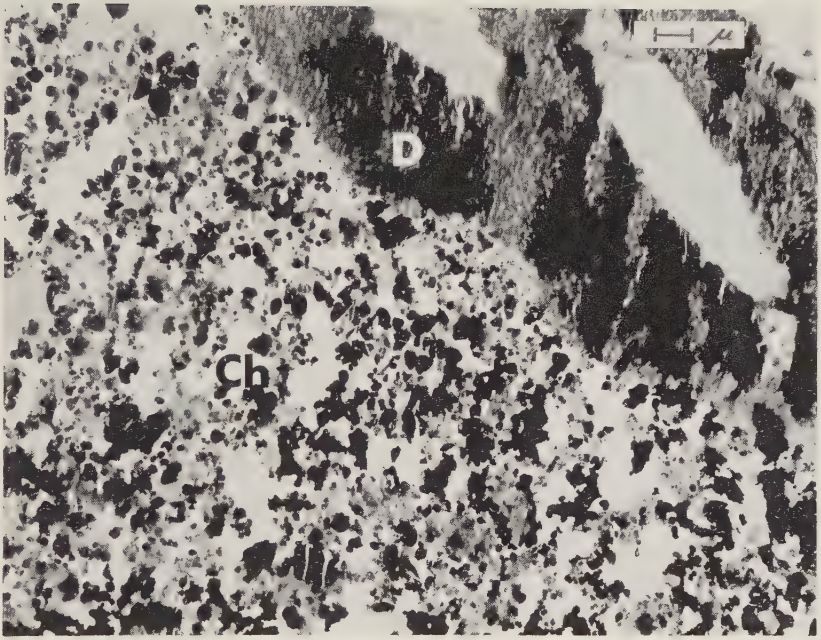
Abb. 20: Fibroblast. Deutlich zu erkennen ist die physiologische, typische Struktur der Mitochondrien. Die Kern- sowie die Zellmembran zeigen die Vitalität der Zelle.
20 000 : 1

Abb. 21: Eindeutige "Lebenszeichen des Fibroblasten" sind aus der Struktur des endoplasmatischen Retikulums (ER), des Kerns (NU) und der Membranen zu ersehen. Außerhalb der Zelle wiederum kollagene Fibrillenbündel.
36 000 : 1

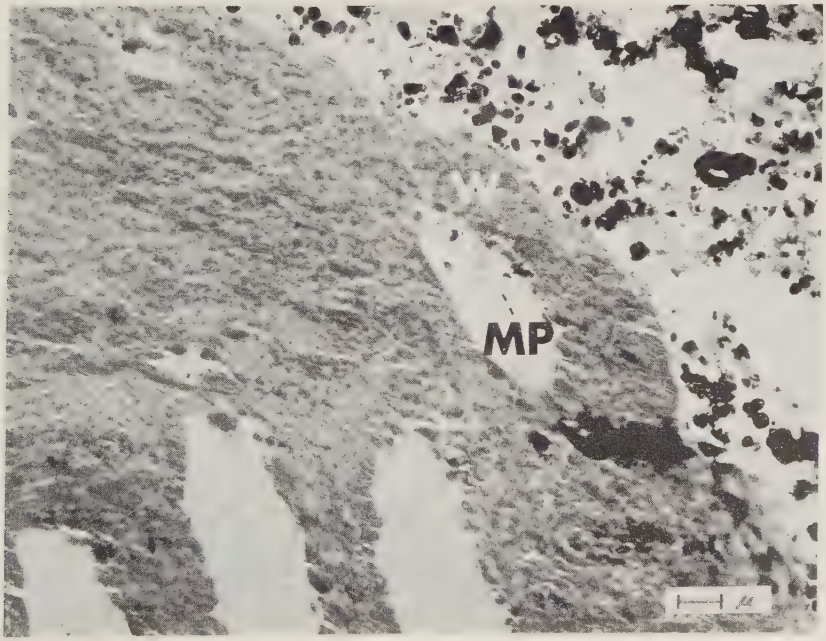
Abb. 22: Querschnitt einer markarmen Nervenfaser. Unmyelinisierte Axone. Sehr deutlich die Querstreifung der kollagenen Fibrillen.
49 000 : 1

Abb. 23: Mineralisationskeime inmitten gangränös zerfallenen Pulpengewebes.
36 000 : 1

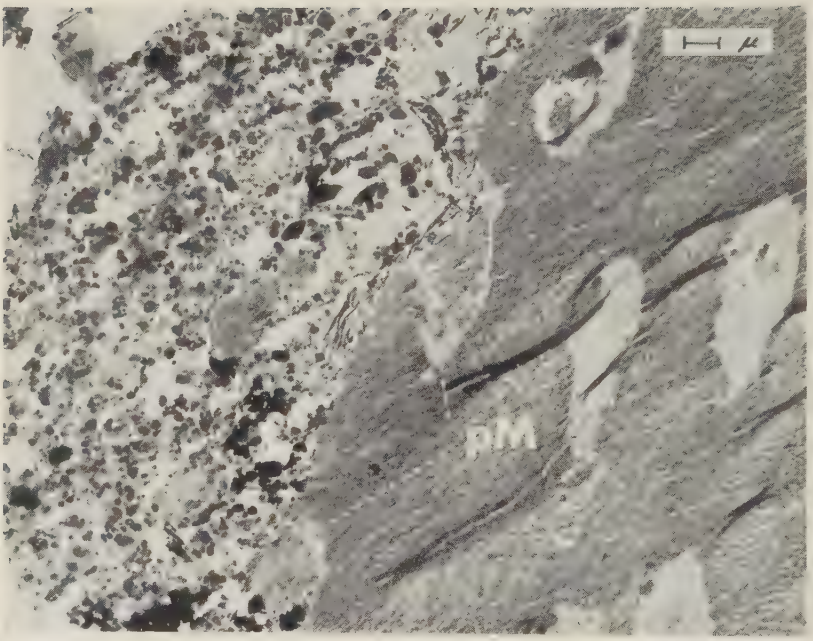
Abb. 24: Nadelartiger Aufbau der Mineralisierung im zerfallenen Gewebe der Pulpa.
64 000 : 1



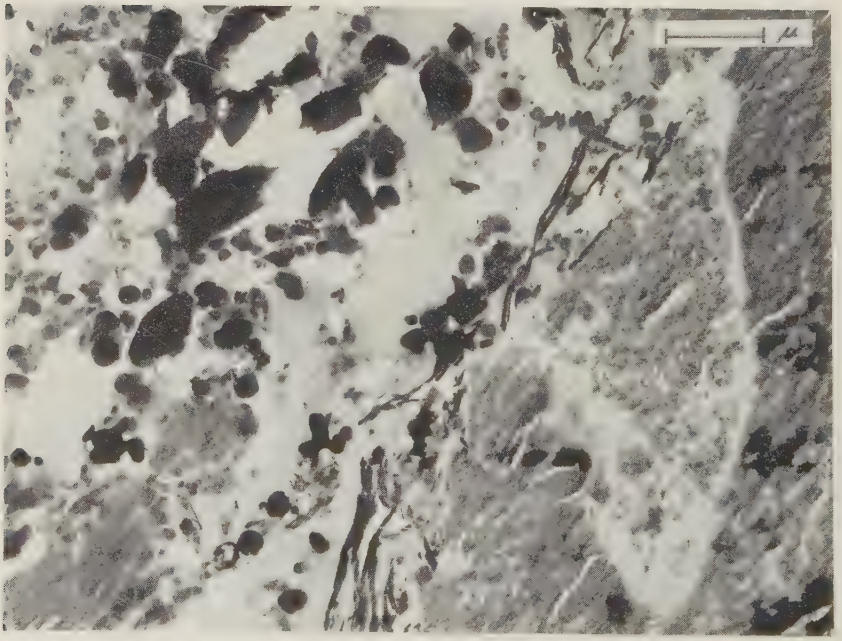
1



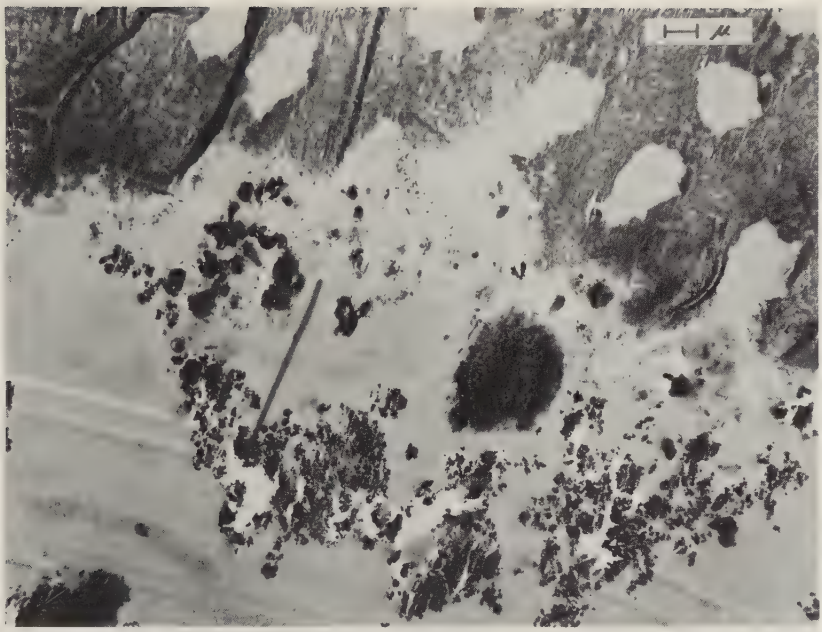
2



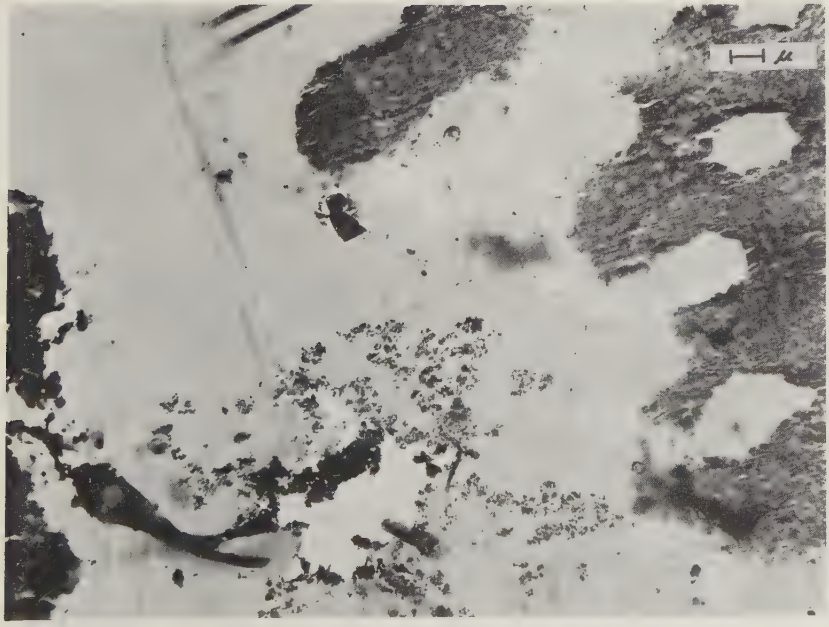
3



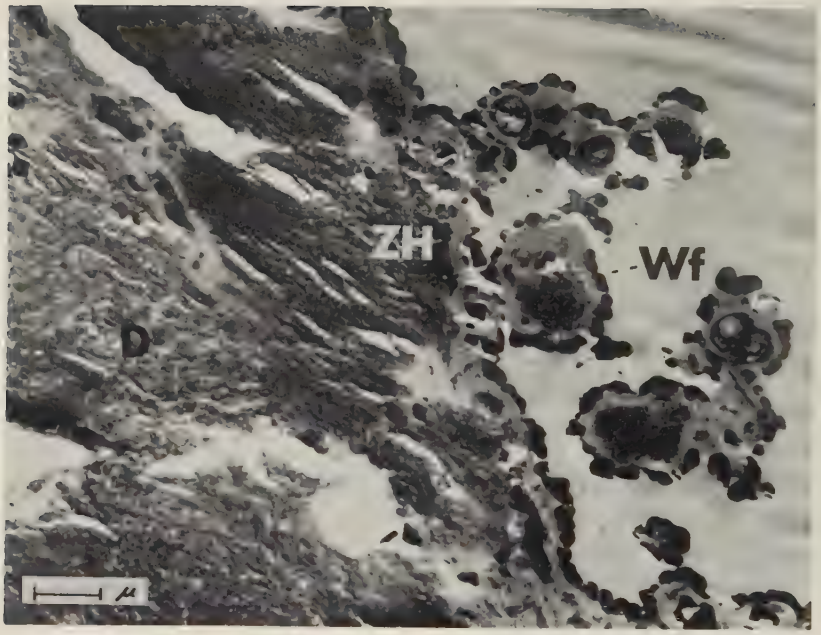
4



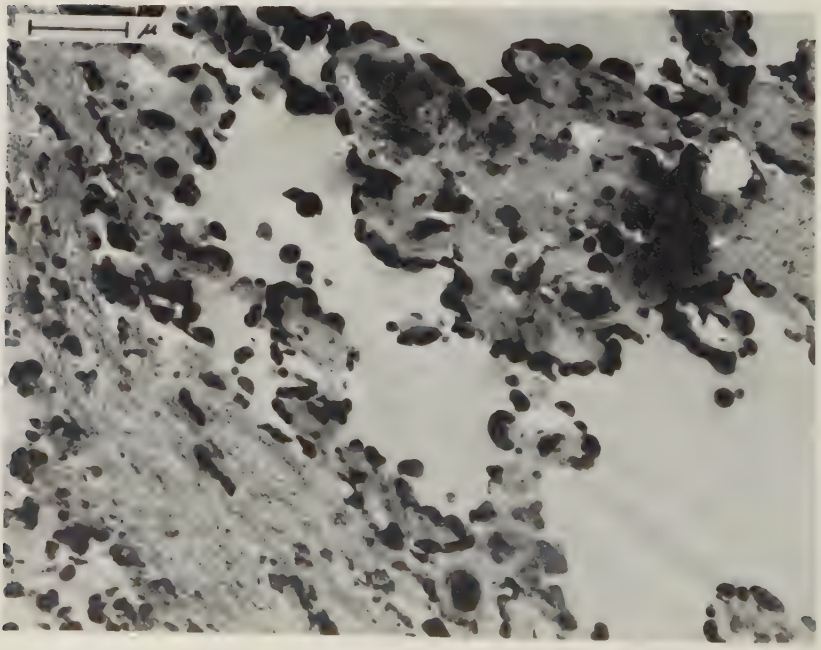
5



6

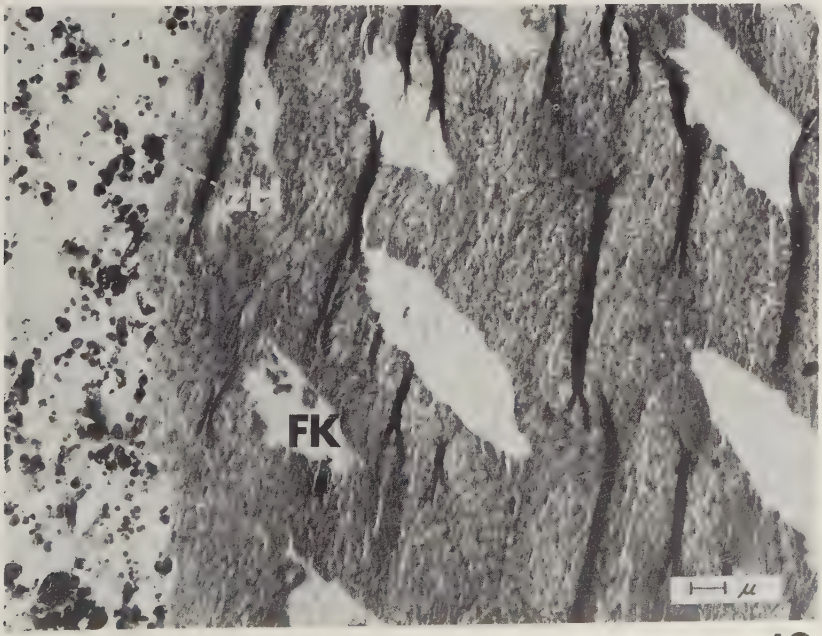


7

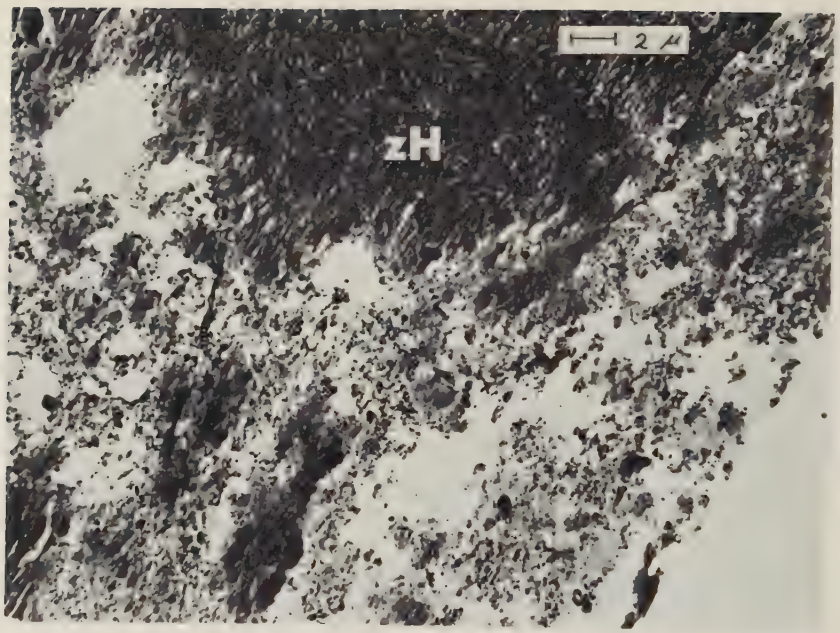


8

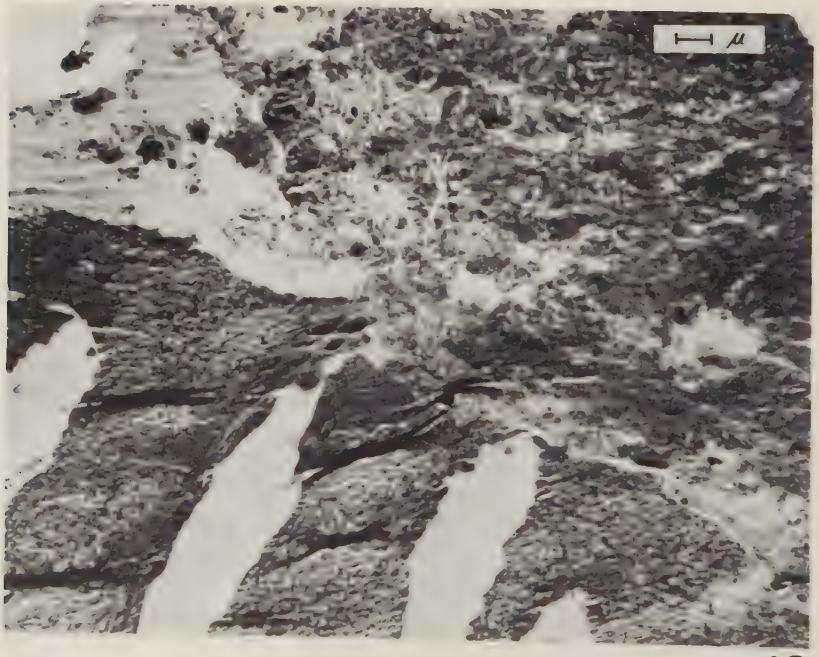
9



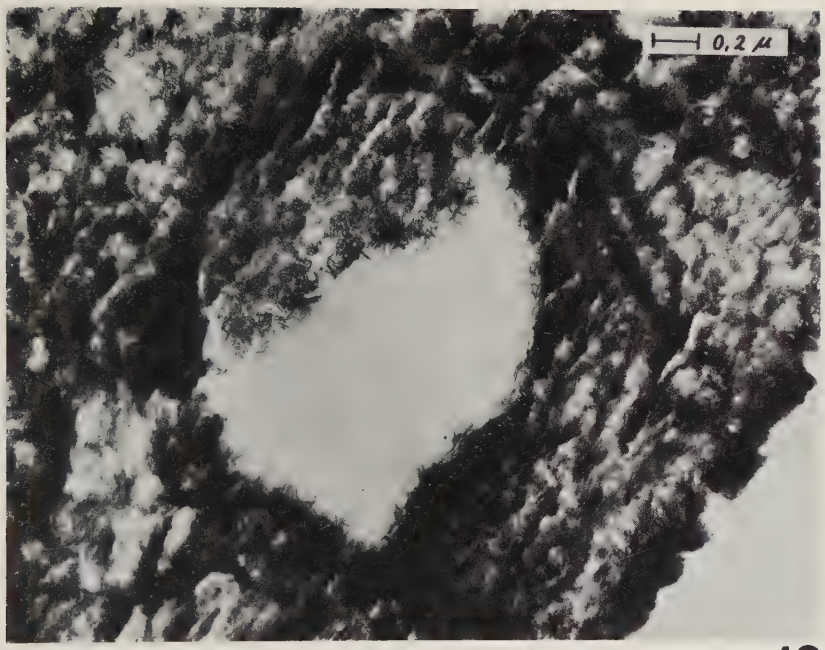
10



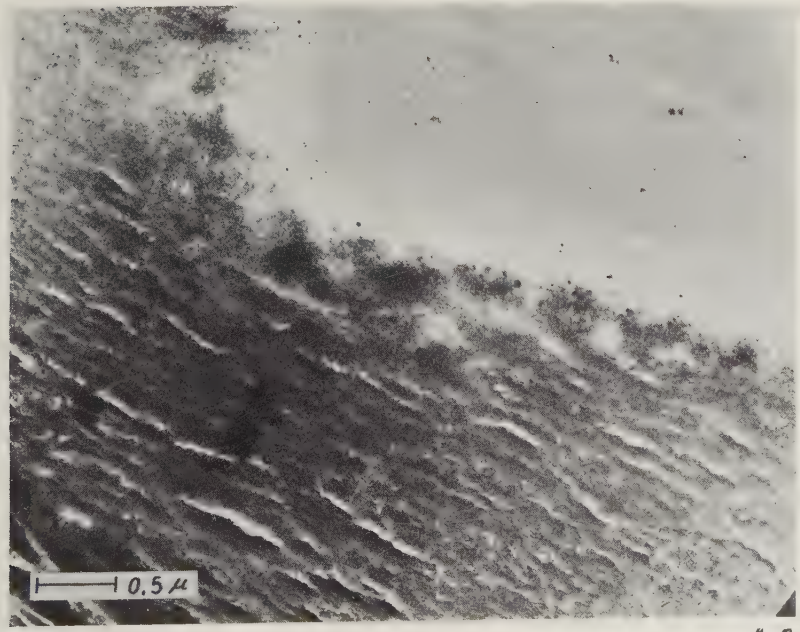
11



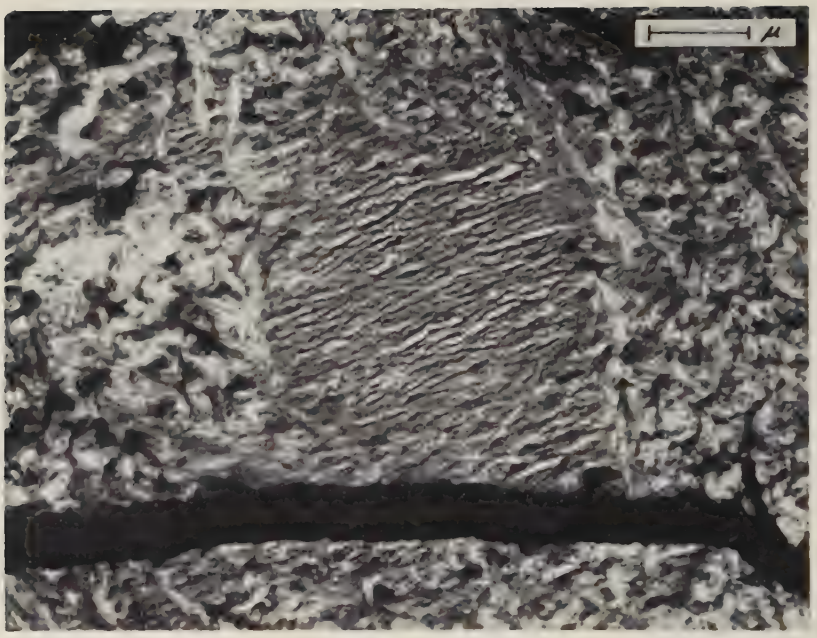
12



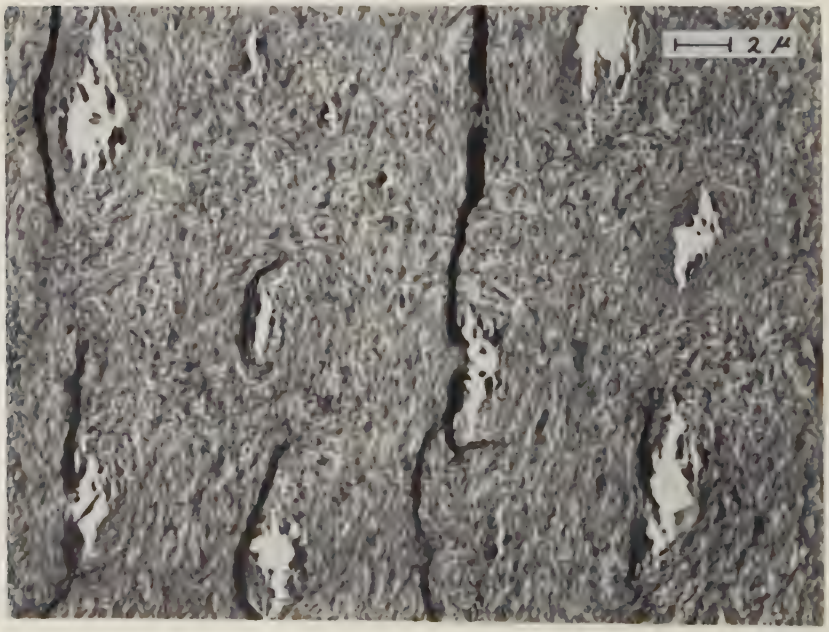
13



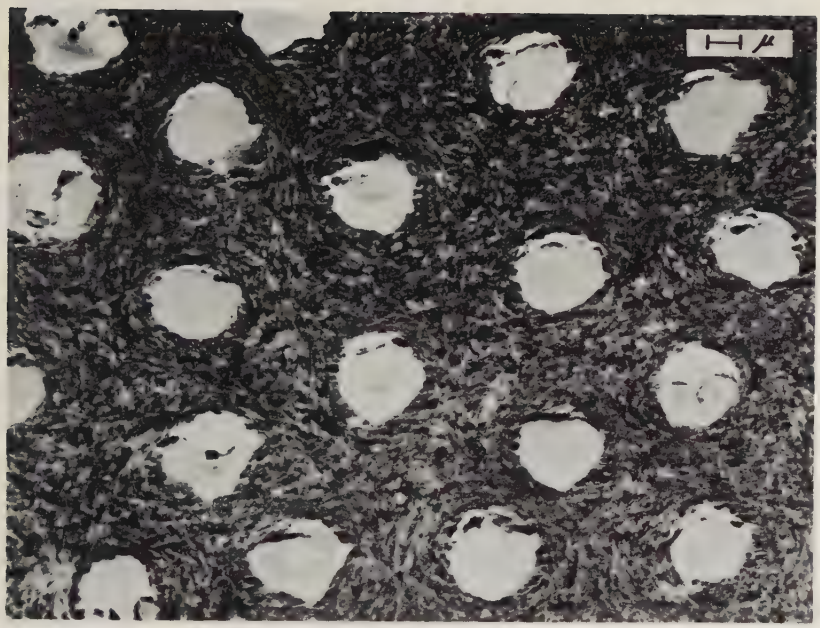
14



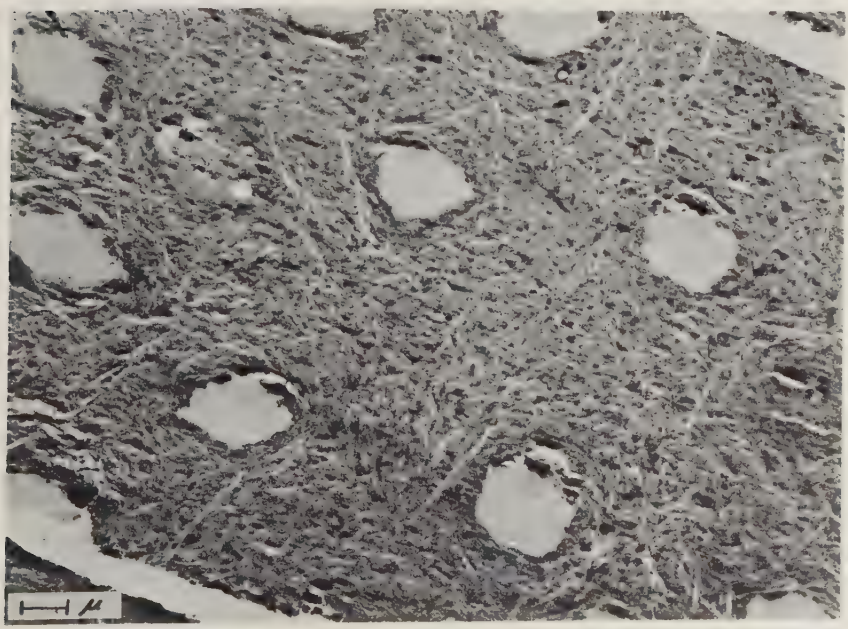
15



16

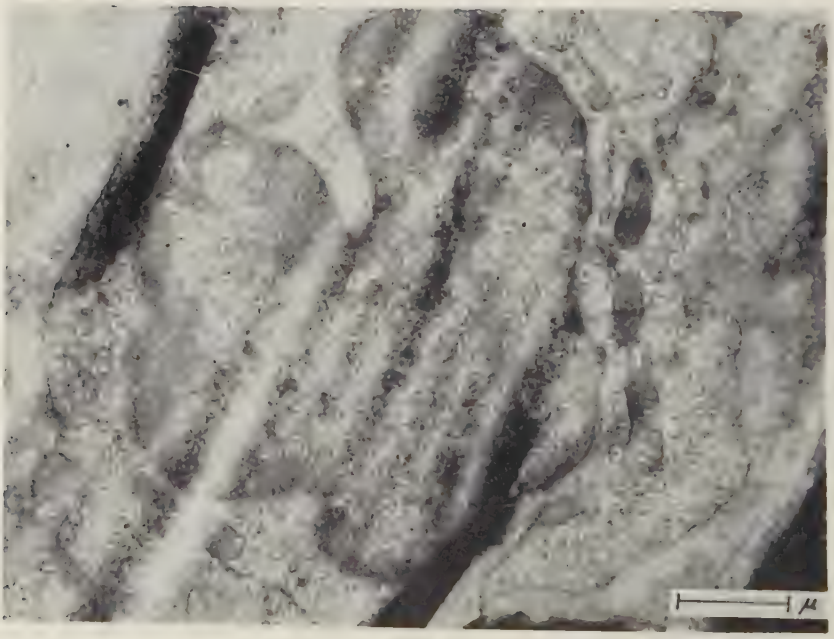


17

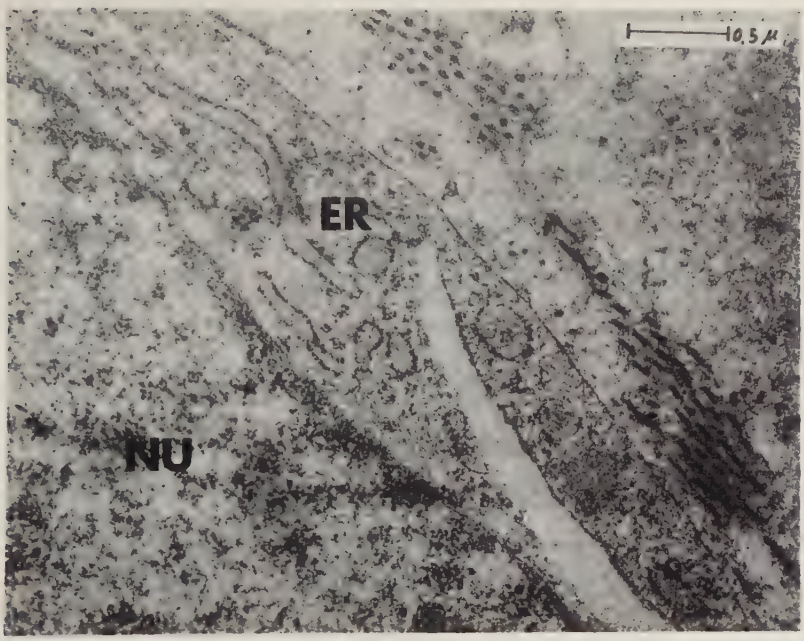


18

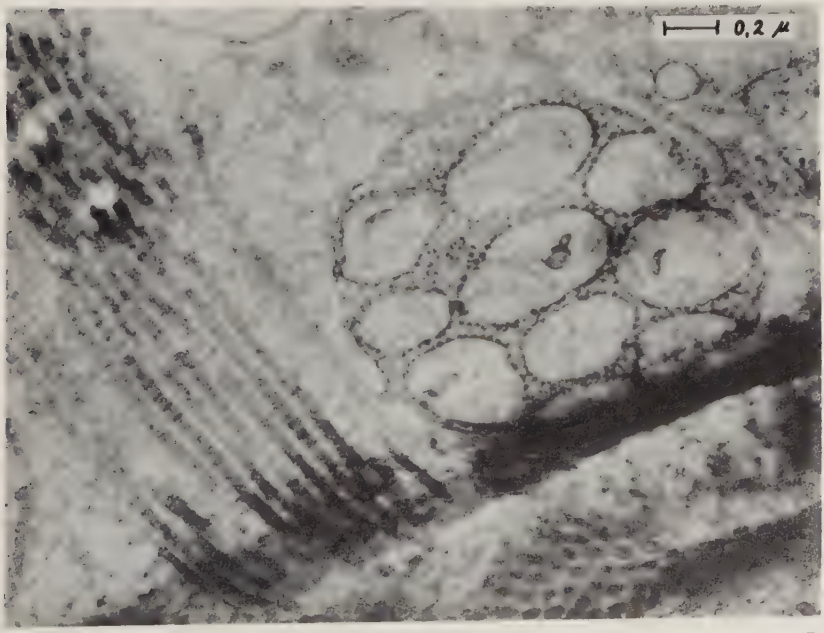
19



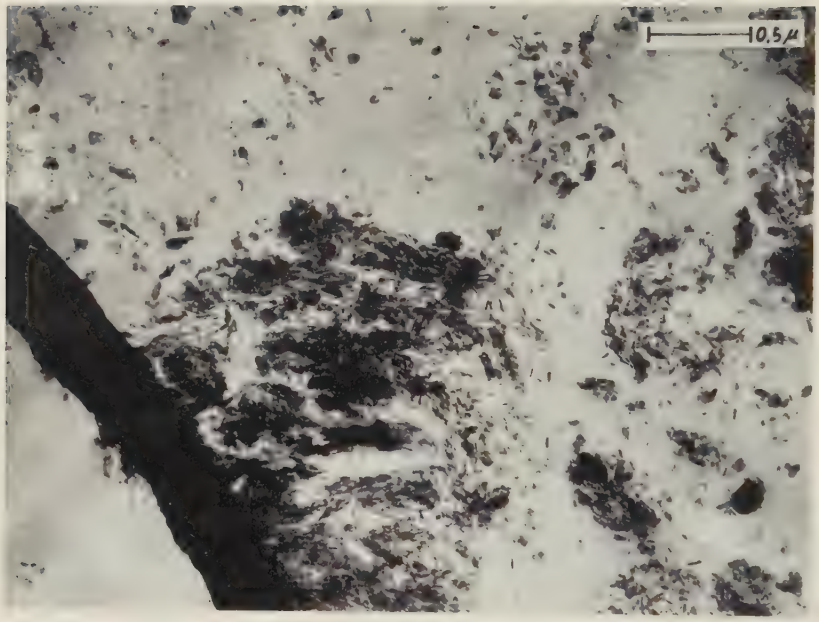
20



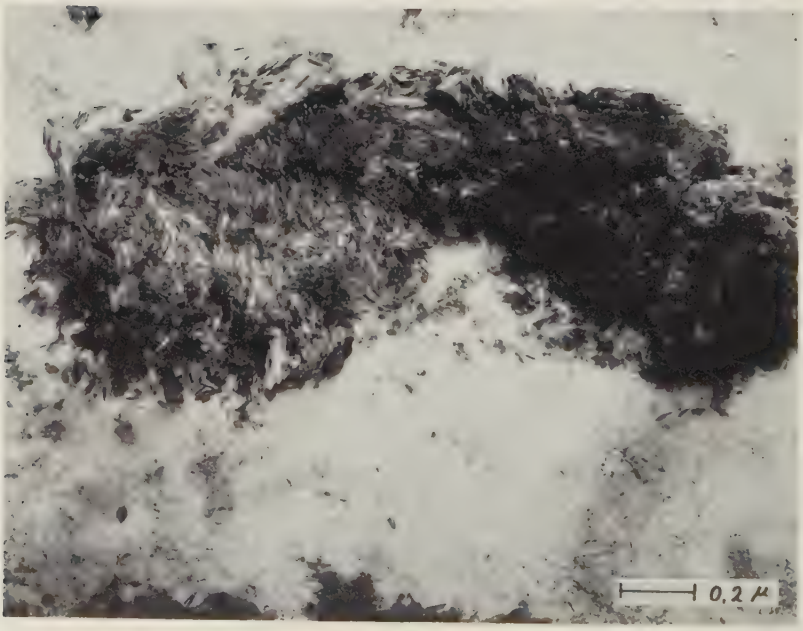
21



22



23



24

E. D I S K U S S I O N

Da die unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse, die man in Bezug auf Wurzelkanalbehandlungen in der zahnärztlichen Literatur zu finden vermag, auch unterschiedliche Ausgangssituationen beinhalten, steht deren Unvermögen zur objektiven Vergleichbarkeit außer Frage. Wenn zudem noch viele Veröffentlichungen auf unwissenschaftlich geführten Untersuchungen oder Hypothesen beruhen, so liegen das Verlangen und die Notwendigkeit nahe, exakt durchgeführte und vor allem jederzeit reproduzierbare wissenschaftliche Untersuchungen zusammenzutragen, um echtes Wissen über die schon seit vielen Jahrzehnten in mannigfaltiger Weise praktizierten Therapie der Wurzelkanalbehandlung zu erlangen.

Zu dieser Art von Grundlagenforschung hat in vorbildlicher Weise M. BIERNAT (1971) beigetragen, der in seiner Dissertation Eindeutiges über die Histologie des apikalen Gewebes aussagt, ohne deren Kenntnis eine Beurteilung von Restgewebe bei wurzelkanalgefüllten Zähnen nicht möglich ist. Ebenso können die Arbeiten von V. NEUMANN (1968) sowie K.H. GRÜNWALD (1971) als unbedingt richtungsweisend angesehen werden, was die bakteriologischen Fragen dieses Gebietes betrifft.

Betrachtet man sich nun das Ergebnis über die Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials, so können folgende Eigenschaften der Chloroperchapaste, die aus Gründen der Vergleichbarkeit ausschließlich untersucht wurde, beobachtet werden, soweit sie

optisch feststellbar sind: sie besteht aus einem feinmaschigen Netzwerk verschieden großer Guttapercha - Partikel, welche untereinander offenbar äußerst leicht verschieblich sein müssen, da sie imstande ist, auch kleineren Unebenheiten der angrenzenden Kanalwand zu folgen. Die Wandständigkeit ist somit als unbedingt zufriedenstellend zu bezeichnen. Es kann anhand des Bildmaterials die schwammartige Aufbauweise der erstarrten Chloropercha - Masse gezeigt werden und deren Fähigkeit, koronale Abschnitte des Kanallumens von apikalen wirksam voneinander abzuriegeln. Daß selbst im Wurzelkanal zurückgelassene Mikroorganismen noch nicht das Schicksal des betreffenden Zahnes zu besiegeln brauchen, kann ebenfalls mit vorliegender Untersuchung aufgezeigt werden.

Es darf wohl mit Recht behauptet werden, daß die Chloroperchapaste dem Ideal ihrer vornehmlichsten Aufgabe, nämlich der vollständigen Ausfüllung des durch die Exstirpation der erkrankten Pulpa entstandenen Hohlraums, sehr nahe kommt, wenn nicht sogar gerecht wird. Vornehmlichste Aufgabe deshalb, weil den verbleibenden Bakterien die Möglichkeit zur Erlangung optimaler Lebensbedingungen, die von Hohlräumen im Wurzelkanal geboten würden, versagt bleibt. Sie wäre, wie schon erwähnt, sowieso nur gegeben, wenn der beschriebene Hohlraum einen Zugang zum Periapikalraum besäße. Mittels sorgfältiger Ausführung der geübten Behandlungstechnik, erscheint auch dieses Risiko sicher ausschaltbar.

Wenn ein großer Vorzug der autosterilen Chloroperchapaste her-

vorgehoben werden soll, in plastischem Zustand appliziert werden zu können, um dann erst zu erstarren, so sei in diesem Zusammenhang noch ein Wort W. KETTERLs (1972) zitiert: "Wenngleich vom Wurzelfüllmaterial sicher nicht die Lösung des Problems einer Wurzelbehandlung zu erwarten ist, so spielen doch dessen mechanische Eigenschaften eine wichtige Rolle."

Wenn man der in der Literatur schon üblich gewordenen Betrachtungsweise folgt, erscheint die tiefe Infektion des Dentins bei gangränös zerfallener Pulpa als gesichert. Die wenigen gegnerischen Darstellungen wurden periodisch von Bakteriologen ob ihrer Unwissenschaftlichkeit als Nonsens abgetan. Die mögliche Nicht- Infektion der Dentinkanälchen in der unmittelbaren Nähe von gangränösem Detritus, die in den Dissertationen von V. NEUMANN (1968) sowie K.H. GRÜNWALD (1971) beschrieben wurde, kann mit dieser Untersuchung unbedingt bestätigt werden. Somit entfällt die Furcht vor der Diffusion durch das kanalisierte Dentin, die wegen der Unpassierbarkeit der aufliegenden Zementschicht zusätzlich als unberechtigt gelten muß.

Zur Frage der Obliteration von Dentinkanälchen können die vorliegenden Untersuchungen Klärendes beitragen: die Odontoblastenfortsätze beantworten den Reiz der Entzündung mit Bildung peritubulärer Zonen und zentripetal gerichteter Mineralisation, die einander anscheinend bedingen. Ist die Pulpa sehr schnell, ohne die Möglichkeit zur Abwehr zerfallen, so zeigt sich vereinzelt trotzdem eine Mineralisation, nämlich dort, wo Fremdkörper in die Dentinkanälchen eindringen konnten. Na-

mentlich kann die aktive von der passiven Form der Mineralisierung unterschieden werden.

Was das Bild des zurückgelassenen Pulpagewebes betrifft, muß festgestellt werden, daß im wesentlichen kein Unterschied zum gesunden apikalen Gewebe besteht. Dieser Zustand konnte im Einzelfall sogar an einem Präparat beobachtet werden, dessen Kronen- und Wurzelpulpa schon gangränös zerfallen waren. Zu erklären ist diese Erkenntnis mit der Tatsache, daß es sich in der Apikalregion nicht, wie vielfach angenommen und behauptet wurde, um Bindegewebe mesenchymalen Charakters handelt, sondern um höher ausdifferenziertes, regressiv verändertes Bindegewebe mit relativ hohem kollagenem Faseranteil, welches eben nicht so leicht entzündlich veränderbar ist. Ein solches Gewebe muß an der Abrißstelle, die bei der Exstirpation der Pulpa entstand, einer normergischen Reaktion entsprechend, eine Narbe bilden. Narbengewebe jedoch als Fehlleistung der Wundheilung erkennen zu wollen, hieße den natürlichen, reparatorischen Funktionen des menschlichen Organismus Unrecht zu geben; denn es tritt eine regelrechte Wundheilung mit anschließender Ersatzbildung, nämlich der Reparation, ein, die als physiologischer Vorgang angesehen werden muß.

Gegner der Wurzelkanalbehandlung sehen in der Gefahr einer möglichen toxischen Streuung die Kontraindikation zur endodontischen Behandlung gangränöser Zähne, während Befürworter dieser Therapie die Fähigkeit des Organismus in die Argumentation bringen, ein Minimum an Bakterien erfolgreich abwehren zu können.

Wenn die Gesundheit des Patienten in den Vordergrund gestellt werden soll und nicht der theoretische Extremismus zwischen Keimfreiheit und Keimarmut, soll folgende Feststellung eines Pathologen zitiert werden: "Gesundheit ist mithin der Gleichgewichtszustand zwischen ständig vorhandener bakterieller Exposition und voll wirksamer Abwehrleistung" (F. STEIN, 1971).

Bei Betrachtung der Ergebnisse, die im elektronenoptischen Auflösungsbereich gewonnen wurden, kann festgestellt werden, daß keinesfalls die Notwendigkeit besteht, eine ablehnende Haltung gegenüber der Therapie einer Wurzelkanalbehandlung einzunehmen. Diese Behauptung soll die Behandlung eines Molaren mit gangränös zerfallener Pulpa im jeweiligen Einzelfall einschließen, sofern die notwendige Technik in ausreichendem Maße beherrscht wird und grundlegende Kautelen bakteriologisch-hygienischer Art berücksichtigt werden.

F. Z U S A M M E N F A S S U N G

Es wurden elektronenmikroskopische Untersuchungen an wurzelkanalgefüllten Zähnen durchgeführt, die aus kieferorthopädischen oder prothetischen Gründen extrahiert worden waren. Die Extraktionsindikation bestand also in keinem der Fälle in einer mißlungenen Wurzelbehandlung. Zur Auswahl gelangten fünf mehrwurzelige Zähne, von denen zwei vor der Wurzelbehandlung eine gangränös zerfallene Pulpa aufwiesen. Als Wurzelfüllmaterial kamen ausschließlich Guttaperchastifte mit Chloroperchapaste zur Anwendung.

Es konnten folgende Aussagen gemacht werden :

1. Die feinporöse Chloroperchapaste liegt in äußerst zufriedenstellendem Maße der Kanalwand an und induziert teilweise in den kanalnahen Dentinkanälchen eine Mineralisation. Sie zeigt außerdem die Eigenschaft, sich filmartig verkalktem sowie unverkalktem Gewebe anzulagern. Mikroorganismen werden von ihr sicher fixiert. Etwas größere Porositäten innerhalb der Chloroperchapaste stehen nicht miteinander in Verbindung, sodaß sie der Kanalwand gleichermaßen wie ein Schwamm anliegt.

2. Es kann eine aktive von einer passiven Form der Dentinkanal - Obliteration unterschieden werden. Die passive Form, auch als Fremdkörpermineralisation bezeichnet, wird in

zahlreichen Fällen von Partikeln der Chloroperchapaste aktiviert. Die nicht-obliterierten Dentinkanälchen waren in allen untersuchten Präparaten frei von Mikroorganismen, auch in der Nähe der Kanalwand einstmals gangränöser Molaren.

3. Zurückgelassenes apikales Pulpagewebe kann auch bei vorausgegangener Gangrän der Wurzelpulpa noch ein völlig physiologisches Bild ergeben. Es zeichnet sich durch das reichhaltige Vorhandensein kollagenen Bindegewebes aus. Das vitale Gewebe unterhalb der Wurzelfüllung spricht für die Gewebsverträglichkeit der Chloroperchapaste.

4. Nadelartige Kristallisationskeime konnten inmitten von Resten gangränös zerfallenen Pulpagewebes beobachtet werden.

G. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. AFZELIUS, B. — Das elektronenmikroskopische Bild der Zelle
Franckh'sche Verlagshandlung - Stuttgart (1966)

2. ALTMANN, L. — Beitrag zur dentogenen Fokalallergie
Z. Stomat. 50, 656- 660 (1953)

3. BERGER und HUMMEL — Einführung in die Mikrobiologie und Immunologie
Verlag Urban & Schwarzenberg (1966)

4. BETHMANN, W. — Bakteriologische Untersuchungen der Eindringtiefe von Bakterien in die Dentinkanälchen vom Wurzelkanal aus bei Gangrän der Pulpa
Dtsch. Stomat. 1, 117- 127 (1951)

5. BIERNAT, M. — Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Histologie der apikalen Gewebe menschlicher Zähne
Dissertation, FU - Berlin (1971)

6. CASTAGNOLA, L. — 1000 Fälle von Gangränbehandlung nach der Walkhoffschen Methode
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
60, 1033- 1076 (1950)

7. EULER, H. und MEYER, W. — Pathohistologie der Zähne
Bergmann - München (1927)

8. FAWCETT, D.W. — Atlas zur Elektronenmikroskopie der Zelle
Verlag Urban & Schwarzenberg (1973)

9. FISCH, E.A. — Meine Erfahrungen mit der Ozon- Behandlung gangränöser Zähne
Dtsch. zahnärztl. Z. 3, 105- 129 (1948)

10. FISCHER, C.-H. — Kritik zur Aufbereitung und Abfüllung des Wurzelkanals
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk.
29, 32- 40 (1958)

11. FISCHER, G. — Biologische Grundlagen zur Wurzelbehandlung
Z. Stomat. 30, 915- 932, 983- 1006 (1932)

12. FISCHER, G. — Die Apikalregion, das Kernstück der Wurzelbehandlung
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 59, 755- 772 (1949)

13. FISCHER, G. — Theorie und Praxis der Wurzelbehandlung, ein biologisches Problem
Dtsch. zahnärztl. Z. 4, 1349- 1362, 1405- 1419 (1949)

14. FISCHER, G. Über die Bedeutung des Foramen apikale für die Wurzelbehandlung
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
62, 748- 764 (1952)

15. FISCHER, G. Zur Topographie der Apikalregion des Zahnes
Zahnärztl. Rdsch. 62, 275- 281 (1953)

16. GROSSMAN, L. Die Wurzelbehandlung am pulpentoten Zahn
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 509- 512 (1961)

17. GROSSMAN, L. Endodontic Practice
Lea & Febiger - Philadelphia/Pennsylvania
(1968)

18. GRÜNWALD, K.H. Bakteriologische Untersuchungen an wurzelkanalgefüllten Zähnen
Dissertation, FU - Berlin (1971)

19. GUTHOF, O. Zahnbakteriologische Fragen im Zusammenhang mit Wurzelbehandlung und Herdinfektion
Zahnärztl. Rdsch. 62, 190- 193 (1953)

20. HARNDT, E. Die Indikation zur Behandlung von Zähnen mit gangränös zerfallener Pulpa in der täglichen Praxis
Dtsch. zahnärztl. Wschr.
39, 421- 423 (1936)

21. HARNDT, E. Histologische und bakteriologische Grundlagen für die Behandlung gangränöser Wurzelkanäle
Dtsch. zahnärztl. Z. 3, 81- 104 (1948)

22. HARNDT, E. Die Lehre von den odontogenen Herderkrankungen aus der Sicht der zahnerhaltenden Heilkunde
Z. Stomat. 59, 75- 80 (1962)

23. HARNDT, E. Die Behandlung von Zähnen mit gangränös zerfallener Pulpa im Lichte der Empirie
Dtsch. zahnärztl. Z.
17, 1454- 1460 (1962)

24. HARNDT, E. Die Erhaltung von Zähnen mit gangränös zerfallener Pulpa und die Lehre von den odontogenen Herderkrankungen
Zahnärztl. Mitt. 56, 66- 68 (1966)

25. HARNDT, R. Nachweis intravenös verabfolgter, fluoreszierender Substanzen in den Hartgeweben marktoter menschlicher Zähne
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 307- 316 (1966)

26. HEISS, J. Wurzelspitzenresektion, periapikale Ostitis und dentogene Infektion
Dtsch. zahnärztl. Wschr.
44, 709- 715 (1941)

27. HEISS, J. Befunde an wurzelresezierten Zähnen
Dtsch. zahnärztl. Wschr.
45, 241- 246 (1942)

28. HERTING, H.CH. Elektronenmikroskopische Untersuchungen über Histologie des normalen Zementes der Wurzeln menschlicher Zähne
Med. Diss. Berlin (1962)

29. HERTWIG, G. Wandständigkeit und Durchlässigkeit von Wurzelfüllmitteln
Zahnärztl. Praxis 9, 1- 2 (1958)

30. HOFFMANN - AXTHELM Zahnärztliches Lexikon
J.A. Barth - Verlag, München (1968)

31. KANTOROWICZ, A. Die Asepsis in der konservierenden Zahnheilkunde
Aus "Tagesfragen der chirurgischen, konservierenden und technischen Zahnheilkunde
Heft 36 (1924)

32. KELLNER, G. Fehdehandschuh aufgenommen
Zahnärztl. Mitt. 56, 116- 117 (1966)

33. KELLNER, G. Grundsätzliches zum Herdgeschehen
Zahnärztl. Mitt. 59, 68- 72 (1969)

34. KERESZTESI und KELLNER — Der Einfluß einiger zur orthograden Wurzelfüllung gebräuchlicher Materialien auf das Gewebe (Versuche an Zellkulturen) Z. Stomat. 61, 412 (1964)

35. KETTERL, W. — Die Überfüllung des Wurzelkanals Zahnärztl. Prax. 10, 209- 210 (1959)

36. KETTERL, W. — Die Pulpen- und Wurzelbehandlung In Haunfelder, D., Hupfauf, L., Ketterl, W. und Schmuth, G.. Praxis der Zahnheilkunde. Bd.1, Beitrag A 12 Verlag Urban & Schwarzenberg München - Berlin - Wien (1972)

37. KRANZ, P.P. — Fokalinfektion und Amputation der Wurzelspitze Zahnärztl. Rdsch. 50, 1136 (1941)

38. KRANZ, P.P. — Diagnostische und therapeutische Probleme der Herdinfektion Dtsch. zahnärztl. Wschr. 45, 227- 231 (1942)

39. LAMMERS, TH. — Die Beseitigung der Infektion im Wurzelkanal, Grundsätzliches vom Standpunkt des Bakteriologen Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1642- 1644 (1955)

40. LÖRINCZY - LANDGRAF, E. Unsere Prinzipien der Behandlung gangränöser Zähne
Z. Stomat. 50, 645- 656 (1953)

41. LÖRINCZY - LANDGRAF, E. u. PALOCZ, G. Kontrollergebnisse von in einer Sitzung versorgten Gangränzähnen
Dtsch. zahnärztl. Z.
10, 742- 755 (1955)

42. LÖRINCZY - LANDGRAF, E. Die biologische Wertung des infizierten Wurzelkanals
Dtsch. zahnärztl. Z.
12, 438- 444 (1957)

43. LÖRINCZY - LANDGRAF, E. Reflektionen zur Publikation von W. Meyer. Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung
Dtsch. zahnärztl. Z.
16, 350- 357 (1961)

44. MATHIS, H. Einiges zur Frage der Wurzelspitzenresektion
Dtsch. zahnärztl. Wschr.
46, 203- 207 (1943)

45. MELKOVA, V., SMUTNA, V. und ODEHNAL, F. Das elektronenmikroskopische Bild der Wand des infizierten Wurzelkanals
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 1283- 91 (1965)

46. MEYER, W. Herderkrankung und Verantwortung des Zahnarztes
Dtsch. zahnärztl. Z.
9, 1152- 1157 (1954)

47. MEYER, W. Anatomie der Wurzelkanäle
Dtsch. zahnärztl. Z.
14, 1239- 1249 (1959)

48. MEYER, W. Die konservative Zahnheilkunde im Laufe der letzten hundert Jahre
Dtsch. zahnärztl. Z.
17, 1446- 1453 und 1655- 1656 (1962)

49. MEYER, W. Der Spontanverschluß des Foramen apicale als Erfolg der sogenannten Wurzelbehandlung
Dtsch. zahnärztl. Z.
19, 783- 791 (1964)

50. MÜNCH, J. Ärztliche und zahnärztliche Gedankengänge zum Problem der dentalen Herdinfektion
Dtsch. zahnärztl. Wschr.
45, 561- 564 (1942)

51. MÜLLER, F. Zur Diskussion über die Wurzelbehandlung
Dtsch. Zahnärztebl. (1960)

52. NEUMANN, V. Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Eindringtiefe von Mikroorganismen in die Dentinkanälchen vom Wurzelkanal aus nach gangränösem Zerfall der Zahnpulpa Diss. FU - Berlin (1968)

53. NOLDEN, R. Mortal- oder Vitalextirpation? Zahnärztl. Mitt. 63, 65- 70 und 120- 126 (1973)

54. ÖSTBY, B.-N. Pulpa- und Wurzelbehandlung Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1429- 1435 (1962)

55. OVERDIEK, H.F. Aktuelle Fragen bei Behandlung des Wurzelkanals Zahnärztl. Rdsch. 74, 417- 422 (1965)

56. PFEIFER und WESKOTT Herderkrankungen Ärztl. Prax. 24, 1527 (1963)

57. PICHLER, H. Die quantitative Seite des Problems der Wurzelbehandlung Z. Stomat. 28, 279- 284 (1930)

58. PORTER, R. u. BONNEVILLE, M.A. Einführung in die Feinstruktur von Zellen und Geweben Springer Verlag Berlin (1965)

59. REBEL, H.-H. Grundsätzliche Bemerkungen zu den neuen Bewertungen und Bestimmungen über Leistungen konservativer Natur (Bema)
Dtsch. zahnärztl. Z.
17, 1436- 1446 (1962)

60. SARGENTI, A. Rationelle Wurzelbehandlung
Verlag "Die Quintessenz" Berlin (1968)

61. SCHACH, H. Untersuchungen in vitro über Ursachen der Keimverminderung während des Ablaufes einer geschlossenen Gangrän
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk.
34, 97- 120 (1960)

62. SCHACH, H. Untersuchungen in vitro über die Durchlässigkeit der Zahnhartsubstanz für beim postmortalen Zahnmarkzerfall entstehende Eiweißabbaustufen
Dtsch. zahnärztl. Z.
20, 216- 224 (1965)

63. SCHUG - KÖSTERS, SCHACH, H. und HAUGG, A. Eine neue Methode zur Desinfektion des gangränösen Wurzelkanals
Dtsch. Zahnärztebl.
16, 393- 399 (1962)

64. TSCHAMER, H. Die Wurzelkanalfüllung
Zahnärztl. Mitt. 58, 695- 699 (1968)

65. WAECHTER, R. Histologische Untersuchungen zur Aufbereitung des infizierten Wurzelkanals
Zahnärztl. Welt
10, 20- 22 (1955)

66. WAECHTER, R. Untersuchungen von Mißerfolgen trotz fester Füllung bis zur Spitze
Zahnärztl. Welt
10, 166- 173 (1955)

67. WALKHOFF, O. Mein System der medizinischen Behandlung schwerer Erkrankungen der Zahnpulpa und des Periodontiums
Verlag Meußer, Berlin (1928)

68. WANDELT, S. Die Behandlung des gangränösen Kanals in einer Sitzung
Dtsch. zahnärztl. Z.
17, 953- 962 (1962)

69. WANDELT, S. Theorie und Praxis der Gangränbehandlung
Dtsch. zahnärztl. Z.
17, 1460- 1463 (1962)

70. WANDELT, S. Die einzeitige Behandlung des gangränösen Kanals
Dtsch. Zahnärztekal.
23, 53- 62 (1964)

71. WANNENMACHER, E. Die Problematik der Wurzelbehandlung in der Perspektive der dentogenen Herdinfektion
Zahnärztl. Welt
4, 405- 411 (1949)

72. WASSMUND, M. Mißerfolge der Wurzelspitzenresektion?
Zahnärztl. Rdsch.
51, 756- 769 (1942)

73. WASSMUND, M. Wurzelspitzenresektion und fokale Infektion
Zahnärztl. Rdsch.
51, 1102- 1107 (1942)

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Professor Dr. Hans LENZ für die Überlassung des Themas und die hervorragende fachliche Unterstützung, die er mir jederzeit gerne gewährte.

Ebenso möchte ich Frau Helga ADAM für ihre Hilfsbereitschaft beim Mikroskopieren und für die Einführung in die Präparationsmethoden meinen ausdrücklichen Dank aussprechen, sowie Frau SCHULZ-GERHARDT für die ausgezeichneten phototechnischen Arbeiten.

Herrn Peter KIRCHER danke ich für die freundliche Bereitstellung der Präparate, ohne die die Untersuchungen nicht möglich gewesen wären.

L E B E N S L A U F

Am 25. Juli 1948 wurde ich, Stefan Stelter, als Sohn des Kaufmanns Georg Stelter und dessen Ehefrau Hildegard, geb. Nowottnick, in Berlin- Wilmersdorf geboren.

Dort besuchte ich von 1955 bis 1959 die Grundschule und verbrachte die folgende Schulzeit am Rheingau- Gymnasium in Berlin- Schöneberg, an dem ich am 4. März 1968 meine Reifeprüfung ablegte. Im März 1968 ließ ich mich an der Technischen Universität Berlin für die Fachrichtung Chemie immatrikulieren, die ich im Januar 1969 verließ, um im Sommer- Semester 1969 das Studium der Zahnmedizin aufzunehmen. Hier bestand ich am 11. Oktober 1971 die zahnärztliche Vorprüfung und erhielt nach bestandenem Staatsexamen im Juli 1974 die Bestallung als Zahnarzt.